

# 符号化動画像の高画質復号化アルゴリズムに関する研究

著者	加瀬沢 正
号	85
発行年	1997
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/12772">http://hdl.handle.net/10097/12772</a>

氏 名（本 籍）	加瀬 沢 正 <sup>ただし</sup>	（静岡県）
学 位 の 種 類	博 士（情報科学）	
学 位 記 番 号	情 博 第 85 号	
学 位 授 与 年 月 日	平成 10 年 3 月 25 日	
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
研 究 科， 専 攻	東北大学大学院情報科学研究科（博士課程）システム情報科学専攻	
学 位 論 文 題 目	符号化動画画像の高画質復号化アルゴリズムに関する研究	
論 文 審 査 委 員	（主 査） 東北大学教授 西関 隆夫      東北大学教授 根元 義章 東北大学教授 牧野 正三	

## 論 文 内 容 要 旨

放送や通信などの画像伝送システムにおける情報源符号化方式および情報源復号化方式は、そのすべてが規格化されているわけではなく、システムにおける各機器の互換性がとれるように、最小限の部分のみが規格化されている。そのため、既存の規格化された画像伝送システムにおいては、高画質な再生画像を得るための復号化技術を確立することが重要な課題である。本論文は、既存の画像伝送システムにおいて最も汎用的な情報源符号化方式であるインタレース方式、周波数多重化方式、ブロック変換符号化方式に着目し、インタレース方式に起因して発生する折返し歪を除去する復号化アルゴリズム、周波数多重化方式に起因して発生するクロスカラー妨害およびクロスルミナンス妨害を除去する復号化アルゴリズム、ブロック変換符号化方式に起因して発生するブロック歪を除去する復号化アルゴリズムを新たに設計開発しその評価結果を納めたもので、全文七章よりなる。

第一章では本研究の背景と目的を述べた。画像伝送システムにおける情報源符号化方式および情報源復号化方式は、そのすべてが規格化されているわけではなく、システムにおける各機器の互換性がとれるように、最小限の部分のみが規格化されている。そのため、放送や通信などの既存の規格化された画像伝送システムにおける情報源符号化方式および情報源復号化方式に関する研究は、規格化と同時に終結するというものではなく、現在に至るまで継続的に行われている。これらの研究の目的は、高画質な再生画像を得るための復号化技術を確立することである。

既存の画像伝送システムにおいては、インタレース方式、周波数多重化方式、ブロック変換符号化方式が、最も汎用的な情報源符号化方式である。そこで本研究では、インタレース方式に起因して発生する折返し歪を除去する復号化アルゴリズム、周波数多重化方式に起因して発生するクロスカラー妨害およびクロスルミナンス妨害を除去する復号化アルゴリズム、ブロック変換符号化方式に起因して発生するブロック歪を除去する復号化アルゴリズムを新たに設計開発した。また、これらのアルゴリズムをシミュレーションにより評価し、開発したアルゴリズムは復号化画像の SNR (Signal-to-Noise Ratio) を向上させるとともに、視覚的にも良好な復号化画像を与えることを示した。

第二章では、本論文で扱う動画画像信号の表現方法を与えた。次に、実際の画像伝送システムでは、動画画像信号の周波数スペクトルがどのように帯域制限されているかを示した。ここでは、動画画像信号は、水平方向には画像伝送システムに固有の周波数帯域で帯域制限されており、垂直方向には撮像素子における光学系の特性や電子ビーム径などにより帯域制限されているとみなすことができ、時間方向には撮像素子における電荷の蓄積効果により帯域制限されているとみ

なすことができることを示した。

第三章では、インタレース方式で符号化された動画像の高画質復号化アルゴリズムとして、フィルム動画像を既存の画像伝送システムで伝送する場合におけるノンインタレース化アルゴリズムを与え、その高画質復号化アルゴリズムとしての性能を客観的評価により示した。ここでは、まず、情報源符号化としてのインタレース化、情報源復号化としてのノンインタレース化についてその概念を述べ、インタレース方式における問題点を明らかにした。次に、フィルム動画像を既存の画像伝送システムで伝送するために行われる時間方向の標本化周波数の変換方法を説明し、フィルム動画像を既存の画像伝送システムで伝送する場合におけるノンインタレース化アルゴリズムを新たに提案した。このアルゴリズムは、フィルム動画像の時間方向の標本化周波数を変換する際に生ずる画像情報の冗長性を利用することにより、インタレース化の際に生ずる時間垂直領域における折り返し歪の影響を全く受けずにノンインタレース化を行う。すなわち、この手法により、動画像の動状態および静止状態にかかわらず、インタレース化される前のノンインタレース動画像を得ることができる。

次に、このアルゴリズムを客観的に評価するために評価実験モデルを与え、そのモデルにおいて性能の評価を行った。この評価実験により、新たに開発したノンインタレース化アルゴリズムは、従来のアルゴリズムに比べて、復号化画像のSNRを向上させるとともに、視覚的にも良好な復号化画像を与えていることを示した。また、本研究で開発したノンインタレース化アルゴリズムは、小規模なハードウェアで実現が可能であることを示した。

第三章で示したノインタレース化アルゴリズムの高画質化の性能は、広く一般に認められるに至り、現在、現行テレビジョン方式（NTSC方式）と互換性を持つ次世代のテレビジョン方式（EDTV方式）の規格化において、このアルゴリズムを実用化すべく審議がなされている。

第四章では、周波数多重化方式で符号化された動画像の高画質復号化アルゴリズムとして、動画像の局所領域における空間的性質に基づく2種類のアルゴリズムを提案した。ここでは、まず、情報源符号化としての輝度信号と色信号の周波数多重化、情報源復号化としての輝度信号と色信号の分離化について、その概念を述べた。次に、この方式に起因して発生する雑音であるクロスカラー妨害とクロスルミナンス妨害について説明した。これらを踏まえ、クロスルミナンス妨害を低減する輝度信号と色信号の分離化アルゴリズムを新たに提案した。このアルゴリズムは、動画像の局所領域における空間的な周波数成分の偏りを複数のデジタルフィルタを用いて検出し、この検出結果に基づき輝度信号と色信号を分離するフィルタの周波数特性を適応的に切り換えるものである。この手法は、色信号の垂直方向の高域周波数成分に起因して発生するクロスルミナンス妨害を軽減するとともに、色信号の垂直方向の高域周波数成分を忠実に再生する効果がある。

次に、このアルゴリズムを客観的に評価するために評価モデルを与え、そのモデルにおいて性能の評価を行った。この評価実験により、新たに開発した輝度信号と色信号の分離化アルゴリズムは、従来のアルゴリズムに比べて、特に文字画像やCG画像を含むような画像に対して、復号化画像のSNRを向上させるとともに、視覚的にも良好な復号化画像を与えていることを示した。

また、これらのアルゴリズムのハードウェア構成を示した。

第四章で示した輝度信号と色信号の分離化アルゴリズムは、その後いくつかの改良を経てIC化され、市販のカラーTVおよびVCR（Video Cassette Recorder）等に搭載されて、カラーTVの高画質化に大きく貢献している。

第五章では、周波数多重化方式で符号化された動画像の高画質復号化アルゴリズムとして、動画像が静止状態にある場合の時間領域における周波数スペクトルの性質に基づくアルゴリズムを提案した。ここでは、まず、周波数多重化方式における符号化方式と従来の一般的な復号化方式を説明した。次に、静止状態にある動画像の周波数スペクトルの特徴を述べ、この性質を利用することにより、周波数多重化方式で符号化された動画像を、クロストークを発生させることなく復号化することが可能であることを述べた。その後、クロストーク除去アルゴリズムとして、カラーTV信号におけるクロストーク除去アルゴリズム、輝度信号と色信号におけるクロストーク除去アルゴリズム、輝度信号と色差信号におけるクロストーク除去アルゴリズム、R信号、G信号、B信号におけるクロストーク除去アルゴリズムの4種類

の実現方法を述べた。このとき、R 信号、G 信号、B 信号におけるクロストーク除去アルゴリズムは、本研究で新たに開発したアルゴリズムである。

次に、これらのアルゴリズムを客観的に評価するために評価モデルを与え、そのモデルにおいてシミュレーションによる性能の評価を行った。この評価実験により、クロストーク除去アルゴリズムは、従来の復号化アルゴリズムに比べて、復号化画像の SNR を向上させるとともに、視覚的にも良好な復号化画像を与えていることを示した。また、クロストーク除去アルゴリズムにおいて、クロスカラー妨害およびクロスルミナンス妨害を除去するアルゴリズムだけを適用した場合にも、高画質な復号化画像が得られることを示した。また、このような R 信号、G 信号、B 信号におけるクロスカラー妨害およびクロスルミナンス妨害を除去するアルゴリズムは、小規模なハードウェアで構成できることを示した。

第五章で示したクロストーク除去アルゴリズムは、R 信号、G 信号、B 信号用のメモリを既に搭載しているようなプリンタ機器等に、容易に適用することが可能であり、特に、クロスカラー妨害およびクロスルミナンス妨害の除去だけであれば、ハードウェアをほとんど増加させることなく実現することができる。

第六章では、離散コサイン変換を用いて符号化された動画像の高画質復号化アルゴリズムとして、符号化および復号化の過程で用いる離散コサイン変換を再度利用したブロック歪除去アルゴリズムを提案した。ここでは、まず、離散コサイン変換を用いた情報源符号化方式および情報源復号化方式の概念を述べた。次に、この方式に起因して発生するブロック状の量子化雑音であるブロック歪の発生過程を説明した。その後、ブロック歪を軽減するブロック歪除去アルゴリズムを新たに提案した。このアルゴリズムは、ブロック歪を除去するために再度離散コサイン変換を用いるものであり、まず、復号化された動画像の局所領域における周波数スペクトルを、符号化および復号化の過程における離散コサイン変換係数の分布から推測する。次に、復号化された動画像を新たに複数のブロックに分割し、その分割したブロックに対して再度離散コサイン変換を行う。次に、上記推測された復号化された動画像の局所領域における周波数スペクトルに基づき、新たに離散コサイン変換された係数の振幅を抑圧する。その後、振幅の抑圧された変換係数を逆離散コサイン変換することにより、ブロック歪の除去された再生画像を得る。このアルゴリズムは、ブロック歪を除去するための離散コサイン変換のブロックと、符号化および復号化の過程で行う離散コサイン変換のブロックを、水平垂直方向に各々半ブロックずらすことにより、ブロック歪の除去を実現する。

次に、このアルゴリズムを客観的に評価するために評価モデルを与え、そのモデルにおいて、アルゴリズムに必要なパラメータを決定し、アルゴリズムの性能評価を行った。この評価実験により、新たに提案したアルゴリズムは、復号化画像の SNR を向上させるとともに、ブロック歪を除去する効果があることを示した。

第六章で示したブロック歪除去アルゴリズムは、離散コサイン変換を用いたあらゆる符号化方式に対して適用ができ、また、動画像、静止画像のいずれに対しても適用ができる。

第七章は結論である。

## 審 査 結 果 の 要 旨

放送や通信などの画像伝送システムにおいては、高画質な再生画像を得るための復号化技術を確立することが重要な課題である。著者は、インタレース方式、輝度信号と色信号の周波数多重化方式、離散コサイン変換方式を用いて符号化された動画像に対して、高画質な再生画像を得るための復号化アルゴリズムを設計開発し、その性能を評価する研究を行ってきた。本論文はその成果をとりまとめたもので、全編7章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、動画像信号の表現方法を与え、実際の画像伝送システムでは動画像信号がどのように帯域制限されるか述べている。

第3章では、インタレース方式に起因して発生する折り返し雑音を除去する手法として、フィルム動画像の性質を利用して時間領域でノンインタレース化する手法を提案している。また、この手法の性能をシミュレーションにより評価し、従来の垂直時間領域におけるノンインタレース化手法よりSN比が向上し、視覚的にも良好な再生画像が得られることを示している。

第4章では、周波数多重化方式に起因して発生するクロスミナンス雑音を軽減する手法について論じている。まず、動画像の局所領域における特徴を検出し、その特徴に応じてフィルタ特性を動的に変えることによりクロスミナンス雑音を軽減する手法を提案している。次に、この手法の性能をシミュレーションにより評価し、クロスミナンス妨害が軽減し、視覚的にも良好な再生画像が得られることを実証している。これは、有用な成果である。

第5章では、周波数多重化方式に起因する輝度信号と色信号のクロストークを除去する手法について論じている。まず、静止状態にある動画像の周波数スペクトルの特徴を利用してR信号、G信号、B信号のクロストークを除去する手法を与えている。次に、この手法が再生画像の原画像に対するSN比を向上させ、視覚的にも良好な再生画像を与えることをシミュレーションにより明らかにしている。これは、実用上有用な成果である。

第6章では、離散コサイン変換で高能率符号化された動画像に発生するブロック状の量子化雑音を軽減する手法について論じている。まず、符号化および復号化の過程で用いる離散コサイン変換を再度利用して量子化雑音を軽減する手法を提案している。次に、この手法は従来の低域通過フィルタを用いた手法よりも再生画像に対して高いSN比を与え、視覚的にも良好な再生画像を与えることをシミュレーションにより確認している。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、符号化された動画像を高画質な画像に復号化するアルゴリズムを与え、そのアルゴリズムの性能をシミュレーションにより実証したもので、画像情報科学およびアルゴリズム理論に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。